

[First Hit](#)[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

Generate Collection

Print

L2: Entry 13 of 24

File: JPAB

Nov 11, 1997

PUB-NO: JP409291339A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09291339 A

TITLE: NITRIDING STEEL

PUBN-DATE: November 11, 1997

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KUREBAYASHI, YUTAKA

MATSUMURA, KOJI

NAKAMURA, SADAYUKI

INT-CL (IPC): C22C 38/00; C22C 38/22; C22C 38/44; C22C 38/50; C22C 38/60

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a nitriding steel excellent in machinability without normalizing treatment after hot forging and having superior bendability and fatigue characteristic after nitriding treatment by incorporating specific amounts of C, Si, Mn, Cr, and Fe, forming the structure after hot working into a structure composed essentially of ferrite and pearlite, and regulating ferrite area ratio, ferrite grain size number, and pearlite grain size to specific values, respectively.

SOLUTION: This steel is a nitriding steel having a composition consisting of, by mass, 0.15-0.4% C,  $\leq 0.5\%$  Si, 0.2-1.5% Mn, 0.05-0.5% Cr, and the balance essentially Fe. After treatment at high temp., this steel has a ferrite area ratio of  $\geq 30\%$ , a ferrite grain size number of No.5 or above, and a pearlite grain size of  $\leq 50\mu\text{m}$ . It is preferable that either or both of  $\leq 0.5\%$  Ni and  $\leq 0.5\%$  Mo are incorporated. Further, it is preferable to incorporate one or more kinds among 0.005-0.03% N,  $\leq 0.3\%$  V,  $\leq 0.3\%$  Nb,  $\leq 0.2\%$  Ti,  $\leq 0.1\%$  Zr, and  $\leq 0.2\%$  Ta. Moreover, 0.01-0.3% S is preferably contained.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

[Previous Doc](#)[Next Doc](#)[Go to Doc#](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-291339

(43) 公開日 平成9年(1997)11月11日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 N
38/22			38/22	
38/44			38/44	
38/50			38/50	
38/60			38/60	
審査請求 未請求 請求項の数5 書面 (全 7 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-135632

(22) 出願日 平成8年(1996)4月23日

(71) 出願人 000003713

大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72) 発明者 紅林 豊

愛知県半田市宮本町5丁目217番地の1

(72) 発明者 松村 康志

愛知県東海市加木屋町南鹿持18

(72) 発明者 中村 貞行

三重県三重郡朝日町大字柿3094

(54) 【発明の名称】 窒化鋼

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 熱間鍛造後の焼ならし処理を省略しても優れた被削性を有し、かつ、窒化処理後の疲れ特性と曲げ特性に優れる鋼材を提供する。

【解決手段】 C, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, N, V, Nb, Ti, Zr, Ta, S, Pb, Ca, BiおよびTeを特定した鋼において、熱間加工後の組織が実質上フェライト・パーライト組織であり、フェライト面積率が30%以上かつフェライト粒度番号が5番以上の粒度、かつ、パーライトの平均寸法が50μm以下であることを特徴とする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 合金元素の含有率が質量%で、C：0.15～0.40%、Si：≤0.50%、Mn：0.20～1.50%、Cr：0.05～0.50%、残部Feおよび不可避不純物からなり、熱間加工後の組織が実質上フェライト・パーライト組織であり、フェライト面積率が30%以上かつフェライト粒度番号が5番以上の粒度であり、かつ、パーライトの平均寸法が50μm以下であることを特徴とする窒化鋼。

【請求項2】 さらに、質量%で、Ni：≤0.50%、Mo：≤0.50%のうち、1種または2種を含有することを特徴とする、請求項1に記載の窒化鋼。

【請求項3】 さらに、質量%で、N：0.005～0.030%、V：≤0.3%、Nb：≤0.3%、Ti：≤0.2%、Zr：≤0.1%、Ta：≤0.2%のうち1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1、または請求項2に記載の窒化鋼。

【請求項4】 さらに、質量%で、S：0.01～0.30%を含有することを特徴とする、請求項1、または請求項2、または請求項3に記載の窒化鋼。

【請求項5】 さらに、質量%で、Pb：≤0.3%、Ca：≤0.05%、Bi：≤0.2%、Te：≤0.05%のうち1種または2種以上を含有することを特徴とする請求項1、または請求項2、または請求項3、または請求項4に記載の窒化鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は塩浴窒化処理、ガス軟窒化処理、イオン窒化処理などの窒化処理に適した窒化鋼に関わり、部品製造工程において熱間加工後に焼ならし処理などの熱処理を施すことなく、優れた疲れ特性と曲げ特性が得られ、かつ、熱間加工ままの状態であつた被削性を有する窒化鋼に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】塩浴窒化処理やガス軟窒化処理などの窒化処理は、部品表面処理法の一つとして耐摩耗性や疲れ特性を改善する目的で幅広く使用されており、今日では、歯車やシャフト類、クランクシャフト、コネクティングロッド等の機械部品に適用されている。従来、これらの機械部品は機械構造用炭素鋼あるいは合金鋼を、常法で溶解後にピレット段階を経て熱間圧延された圧延棒鋼が使用されおり、熱間鍛造工程→焼ならし処理工程→機械加工工程→窒化処理工程→曲げ矯正（歪み取り）工程→仕上げ工程によって製造されてる。一般に、窒化処理は浸炭処理に比べて熱処理後の歪み発生量が小さいことが知られているが、長尺部材を窒化処理する場合には歪みが発生しやすくなるために、窒化処理後に曲げ矯正して歪み除去を行っている。

【0003】上記工程において実施される焼ならし処理は、熱間鍛造によって硬化した部材を軟化させ後段の機

械加工工程を容易にする目的に加えて、熱間鍛造によって粗大化した組織を微細化するとともに不均質な組織を均質なフェライト・パーライト組織に改善し窒化性または窒化処理後に行われる曲げ矯正性を良好化させることを目的としている。

【0004】熱間鍛造後の部品はその形状によって鍛造終了後の冷却速度が異なるために、冷却完了後には部位による硬さの差異が大きく、また、組織も不均質な組織となる。ここで、熱間鍛造後の焼ならし処理を省略した場合には、硬さの上昇と組織の不均質を主因として被削性の大幅な低下が発生する。加えて、窒化処理においても、硬度のバラツキを生じやすく、また、不均質な組織に窒化処理が施されると窒化層の厚さが変動し、部品の疲れ特性を大幅に低下させることになるために、焼ならし処理工程は不可欠とされている。また、窒化層の厚さが変動すると曲げ特性が著しく低下し、窒化処理後の曲げ矯正の工程において窒化部に割れが発生し、部品が損傷することになる。なお、ここで言う窒化層とは拡散層を含めたものである。

【0005】しかし近年では、製造コストの低減や省エネルギー等の観点から、焼ならし処理の廃止が望まれており、熱間鍛造後の焼ならし処理を省略しても、優れた被削性と窒化性を有し、窒化処理後に良好な疲れ特性と曲げ特性を兼備した材料の開発が望まれている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ここに、本発明の目的は、熱間鍛造後の焼ならし処理を省略しても優れた被削性を有し、かつ、窒化処理後の疲れ特性と曲げ特性に優れた鋼材を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、かかる問題を解決すべく種々検討を重ねた結果、C、Mn、Cr含有量を適正化して熱間鍛造冷却後にフェライト面積率増加させて硬さを低減することによって被削性を良好化させ、また、フェライト面積率を増加させ、かつ、フェライト部とパーライト部を極力微細化することによって均質な窒化層を得ることで、疲れ特性と曲げ特性が良好化することを見出した。

【0008】ここに、本発明は、合金元素の含有率が質量%で、C：0.15～0.40%、Si：≤0.50%、Mn：0.20～1.50%、Cr：0.05～0.50%、残部Feおよび不可避不純物からなり、熱間加工後の組織が実質上フェライト・パーライト組織であり、フェライト面積率が30%以上かつフェライト粒度番号が5番以上の粒度であり、かつ、パーライトの平均寸法が50μm以下であることを特徴とする（請求項1）。さらに、質量%で、Ni：≤0.50%、Mo：≤0.50%の1種または2種を含有することもできる（請求項2）。さらに、質量%で、N：0.005～0.030%、V：≤0.3%、Nb：≤0.3%、T

3

i:  $\leq 0.2\%$ , Zr:  $\leq 0.1\%$ , Ta:  $\leq 0.2\%$ のうち1種または2種以上を含有することもできる(請求項3)。さらに、質量%で、S:  $0.01 \sim 0.30\%$ を含有することもできる(請求項4)。さらに、質量%で、Pb:  $\leq 0.3\%$ , Ca:  $\leq 0.05\%$ , Bi:  $\leq 0.2\%$ , Te:  $\leq 0.05\%$ のうち1種または2種以上を含有することもできる(請求項5)。

【0009】

【作用】以下に、本発明において鋼組成を上述のように限定した理由について説明する。なお、本明細書において説くにことわりがない限り、「%」は「質量%」である。

【0010】C:  $0.15 \sim 0.40\%$

Cは部材に必要な強度を得るための最も基本的な元素であり、窒化処理後の強度を維持するためには $0.15\%$ 以上を含有する必要がある。しかし、 $0.40\%$ を越して含有されると熱間鍛造後の硬さが増大して被削性を低下させ、かつ、フェライト面積率が減少してフェライト粒が大型化して窒化層窒化処理後の曲げ特性と疲れ特性を劣化させるために、C含有量の上限を $0.40\%$ に限定した。

【0011】Si:  $\leq 0.50\%$

Siは鋼中の酸素を低減するための脱酸剤として用いられるが、 $0.50\%$ を越えて添加されると熱間鍛造後の硬さ増加を発生し被削性の低下を招くために、Si含有量の上限を $0.50\%$ に限定した。

【0012】Mn:  $0.20 \sim 1.50\%$

本発明においてMnは重要な役割を果たす元素であり、鋼材の強度を確保することに加えて、後述するようにフェライト面積率とフェライト粒度を調整するために不可欠な元素である。適正なフェライト面積および粒度を得るためのMn含有量の範囲は $0.20 \sim 1.50\%$ である。含有量が $0.20\%$ 未満では、鋼材強度を確保することが困難であり、また、 $1.50\%$ を越えて含有されるとフェライト粒が大型化し窒化処理時の曲げ特性が大幅に劣化するために、Mn含有量の上限を $1.50\%$ に限定した。

【0013】Cr:  $0.05 \sim 0.50\%$

Crは窒化処理時に硬質の析出物を生成し、耐摩耗性や疲れ特性を向上させる効果を有する。この効果を得るためには、少なくとも $0.05\%$ 以上に含有する必要がある。しかし、 $0.50\%$ を越えて過剰にCrが含有されると曲げ特性を低下させることに加えて、熱間加工後の硬さ増加を招き被削性を低下させるために、Cr含有量の上限を $0.50\%$ に限定した。

【0014】フェライト面積率、フェライト粒度、および、パーライト平均寸法: フェライト面積率とフェライト粒度、および、パーライト平均寸法は本発明において極めて重要な構成であり、窒化処理後の疲れ特性と曲げ特性を改善するためにその数値を限定した。一般に、窒

4

化処理においてはフェライト部はパーライト部に比べて窒素(N)が進入しやすいことが知られている。このため、フェライト粒とパーライト粒が粗大化した組織を窒化処理した場合には、組織状態に応じて窒化層が形成されるため硬化深さに大きな差異を生じることになる。疲れ特性の観点からは窒化層が深く、硬質なほど高い疲れ限度が得られるが、窒化層深さに差異が生じると強度のバラツキを生じやすく、また、強度低下を生じることになる。また、曲げ矯正の際には窒化層の深い部位に、応力が集中し割れが生じやすくなることとなるため、フェライト粒とパーライト粒の両者を極力微細にし、窒化処理後の硬化深さを均一にしておく必要がある。

【0015】本発明者らが詳細に検討した結果、フェライト部とパーライト部が微細なほど窒化処理後の曲げ特性は向上するが、実用工程において曲げ矯正の工程で割れを生じさせないためには、フェライト粒度番号を少なくとも5番以上の粒度にすることが必要であることを見出した。また、フェライト粒のみを微細化しても大型のパーライト部が存在すると曲げ特性が低下し、曲げ特性を維持するためにはパーライト平均寸法を $50\mu\text{m}$ 以下に規定することが必要であることが見出された。さらに、フェライト面積率が $30\%$ を下回るとフェライト粒の微細化が困難となるため、C, Mn, Cr含有量を適正化してフェライト面積率が少なくとも $30\%$ を確保することが必要であることが見出された。

【0016】Ni, Moは鋼材の強度・靱性を良化させる元素であり、さらに疲れ特性と衝撃特性を改善するために、それぞれ、Ni:  $\leq 0.50\%$ , Mo:  $\leq 0.50\%$ の1種または2種を添加する。なお、過剰に含有されると熱間鍛造後の硬さが上昇し被削性を低下させる。

【0017】V, Nb, Ti, Zr, Taは窒化時に窒化物を析出し耐摩耗性や疲れ特性を改善する効果を有するとともに、熱間鍛造後の冷却段階においても微細な析出物を生成することによってフェライト変態を促進させフェライト粒を微細化する効果を有するので規定の範囲で添加することができる。また、Nを含有させることによって上記の効果がさらに促進されるために含有する。しかし、いずれの元素も範囲を越えて過剰に含有されると曲げ特性の低下が顕著となる。

【0018】S, Pb, Ca, Bi, Teは鋼材の被削性をさらに改善するために添加される。また、各元素は硫化物、酸化物などを生成しフェライト変態を促進しフェライト粒の微細化にも効果を有するので、必要に応じて含有させることができる。しかし、過剰に添加されると熱間加工性を著しく低下させる。

【0019】

【実施例】本発明による鋼材と比較鋼の化学成分を表1に示す。これらの鋼材は全て常法にて溶製され、その後ピレット段階を経て直径 $50\text{mm}$ の丸棒に熱間圧延された鋼材である。

【0020】熱間鍛造後の組織を評価するために、圧延棒鋼を長さ300mmに切断し、1200℃に加熱保持した後に、直径30mmの丸棒に鍛伸した。この鍛造材の長手方向の中央部の断面において光学顕微鏡および画像解析装置によって表面から1mmまでの平均のフェライト面積率とフェライト粒度および平均パーライト寸法を評価した。また、表層部の硬さをブリネル硬さ計で測定した

【0021】疲れ特性の評価は小野式回転曲げ疲労試験機を用い、切欠き係数2.2の切欠き試験片により疲れ限度によって評価した。試験片は、熱間鍛造された鋼材から機械加工によって試験部直径10mmの切欠き試験片を作製し、575℃で3.5時間保持のガス軟窒化処理を施した。

【0022】曲げ特性は3点曲げ試験法により、割れが発生するまでの最大変位によって評価した。試験片は熱間鍛造された鋼材から直径10mm、長さ150mmの円柱状試験片を機械加工によって製造した後、575℃で3.5時間保持のガス軟窒化処理を施した。また、曲\*

\*げ試験は3点曲げ法であり、支点間を100mmとして支点中央部に負荷を与え、割れが発生するまでの最大変位量をダイヤルゲージで測定した。

【0023】窒化性は上記3点曲げ試験に供した曲げ試験片を用いて、JIS G 0563に準拠した硬さ測定によって評価した。ここでは、任意10カ所について表面からの硬さ分布を測定し、硬化深さの最大値と最小値の差を比較することによって窒化層の安定性を評価した。なお、ここで言う硬化深さとは試験片心部硬さ+50HVが得られる表面からの距離として定義した。

【0024】被削性の評価には上記で鍛造した直径30mmの熱間鍛造素材を用い、切削試験を行い工具寿命時間を測定した。切削条件は、切削速度：200mm/分、送り：0.2mm/rpm、切り込み：2mmである。工具寿命は境界摩耗量が0.2mmとなるまでの切削時間である。

【0025】

【表1】

(質量%)

	No.	C	Si	Mn	Cr	その他			
発 明 鋼	1	0.18	0.26	1.45	0.40	—	—	—	—
	2	0.33	0.22	0.65	0.09	—	—	—	—
	3	0.35	0.23	0.49	0.11	—	—	—	—
	4	0.39	0.31	0.47	0.07	—	—	—	—
	5	0.25	0.04	1.28	0.44	Mo:0.11	Ni:0.17	—	—
	6	0.31	0.43	0.21	0.09	V:0.08	N:0.018	Pb:0.09	S:0.053
	7	0.32	0.25	0.33	0.11	Zr:0.02	N:0.014	Te:0.02	—
	8	0.29	0.25	0.51	0.10	Ti:0.01	Ta:0.03	—	—
	9	0.30	0.25	0.48	0.08	S:0.028	Pb:0.09	Ca:0.009	—
比 較 鋼	10	0.46	0.25	0.79	0.01	—	—	—	—
	11	0.55	0.29	0.51	0.13	—	—	—	—
	12	0.35	0.27	1.51	0.55	—	—	—	—
	13	0.35	0.27	0.75	1.12	—	—	—	—
	14	0.12	0.25	0.55	0.22	—	—	—	—
	15	0.31	0.25	0.51	0.21	V:0.40	Ti:0.04	—	—

【0026】

\* \* 【表2】

	No.	硬 さ (HB)	フェライト 面積率 (%)	フェライト 粒度番号	パーライト 平均寸法 ( $\mu$ m)	硬化深さ の差 (mm)	疲れ限度 (MPa)	最大変位量 ( $\mu$ m)
発 明 例	1	169	48	7.4	23	0.02	345	598
	2	172	46	7.2	21	0.02	355	588
	3	179	38	6.4	27	0.04	358	456
	4	182	35	6.1	24	0.03	—	466
	5	183	44	7.2	19	0.01	403	577
	6	184	42	6.9	28	0.02	388	506
	7	179	41	6.6	29	0.03	366	498
	8	179	43	7.0	22	0.02	358	515
	9	177	41	7.1	38	0.04	355	533
比 較 例	10	189	22	4.2	78	0.11	288	203
	11	238	16	3.1	145	0.14	398	101
	12	194	24	4.2	77	0.08	369	188
	13	188	27	4.4	69	0.11	333	194
	14	167	69	5.5	66	0.09	188	335
	15	225	38	5.4	71	0.08	404	78

【0027】

※ ※ 【表3】

	No.	硬 さ (HB)	フェライト 面積率 (%)	フェライト 粒度番号	工具寿命 (分)
発 明 鋼	1	169	48	7.4	235
	2	172	46	7.2	210
	3	179	38	6.4	183
	4	182	35	6.1	155
	5	183	44	7.2	178
	6	184	42	6.9	282
	7	179	41	6.6	256
	8	179	43	7.0	241
	9	177	41	7.1	325
比 較 鋼	10	189	22	4.2	109
	11	238	16	3.1	78
	12	194	24	4.2	98
	13	188	27	4.4	136
	14	167	69	5.5	156
	15	225	38	5.4	76

【0028】表2に熱間鍛造後の硬さ、フェライト面積率、フェライト粒度、平均パーライト寸法、窒化性、浸炭処理後の疲れ限度および曲げ矯正試験の結果を示した。比較鋼No. 10はJIS S45Cである。表1に示されるように発明鋼の硬さはS45Cに比べていずれも低い値を示している。発明鋼のフェライト粒度番号は5番以上の細粒であり、また、パーライト寸法も細かくなっていることが確認され、かつ、フェライト面積率も30%以上である。これに対して、比較鋼No. 11, 12, 13のように、C, Mn, Cr含有量を本発明の範囲を越して含有させた場合、フェライト面積率が大幅に低下するとともに、フェライト粒度番号は小さくなり大型化していることが分かる。

【0029】窒化性を見ると、発明鋼の硬化深さの変動は最大でも0.04mmであり、窒化処理後に得られる硬化層は安定していることが確認された。一方、比較鋼ではフェライト粒度番号の小さくパーライト寸法の大きな鋼種では、硬化深さの厚さに変動が見られ、比較鋼N\*50

\*o. 11のようにフェライト粒の粗大なものは硬化深さの差異が0.14mmまで増大している。このように、フェライト面積率、フェライト粒度およびパーライト寸法を適正化することによって安定した窒化層が得られることが明らかである。

【0030】窒化処理後の曲げ特性を見ると、フェライト粒度番号およびパーライト平均寸法と極めて良い相関が認められ、最大の曲げ変位量はフェライト粒度番号の大きいもの、すなわち、フェライト粒度の微細なもの、または、パーライト平均寸法の小さいものほど良好していることが分かる。

【0031】さらに、疲れ限度においても発明鋼の疲れ限度は、S45Cに比べて高い値が得られており、窒化処理後の疲れ特性の改善が可能であることが確認された。

【0032】表3に被削性の評価結果を示した。いずれの材料も熱間鍛造ままの状態では工具寿命を比較したものであるが、発明鋼はフェライト面積率が多く、かつ、軟

11

化しているために、良好な被削性が得られている。また、Pb、Caなどの改作元素を添加した発明鋼の被削性はさらに良化していることが確認された。

【0033】

【発明の効果】以上の実施例により、本発明は部品製造工程における熱間鍛造後に焼ならし処理を施すことなく優れた被削性を有し、鍛造後の組織を微細なフェライト

12

・パーライト組織とすることによって窒化処理時の窒化層を安定させ、優れた曲げ特性と疲れ特性を得ることが可能とされた。本発明による、部品製造時の焼ならし処理省略と優れた曲げ特性、疲れ特性は生産性の向上、省エネルギー化と産業上の効果は極めて顕著なものである。

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Nitriding steel characterized by for the content of an alloy element consisting of the remainder Fe and an unescapable impurity by mass % C:0.15 - 0.40%, Si: $\leq$ 0.50%, Mn:0.20-1.50%, and Cr:0.05-0.50%, for the organization after hot working being a parenchyma top ferrite pearlite organization, and for 30% or more and a ferrite grain size number being [ for the rates of ferrite area ] the grain size of more than No. 5, and the average dimension of a pearlite being 50 micrometers or less.

[Claim 2] Furthermore, nitriding steel according to claim 1 characterized by containing two of one sort or nickel: $\leq$ 0.50% and Mo: $\leq$ 0.50% of sorts by mass %.

[Claim 3] Furthermore, claim 1 characterized by containing two of one sort or N:0.005 - 0.030%, V: $\leq$ 0.3%, Nb: $\leq$ 0.3%, Ti: $\leq$ 0.2%, Zr: $\leq$ 0.1%, and Ta: $\leq$ 0.2% of sorts or more by mass % or nitriding steel according to claim 2.

[Claim 4] Furthermore, claim 1 characterized by containing S:0.01 - 0.30% by mass %, claim 2, or nitriding steel according to claim 3.

[Claim 5] Furthermore, claim 1 characterized by containing two of one sort or Pb: $\leq$ 0.3%, calcium: $\leq$ 0.05%, Bi: $\leq$ 0.2%, and Te: $\leq$ 0.05% of sorts or more by mass %, claim 2, claim 3, or nitriding steel according to claim 4.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the nitriding steel which has the machinability which the outstanding fatigue property and the outstanding bending property were acquired, and was excellent in the condition of a hot-working as, without being concerned with the nitriding steel suitable for nitriding treatment, such as cyaniding, gas-soft-nitriding processing, and ion nitriding treatment, and heat-treating normalizing processing etc. after hot working in a components production process.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is broadly used in order to improve abrasion resistance and a fatigue property as one of the bill-of-materials side approaches, and it gets down, and nitriding treatment, such as cyaniding and gas-soft-nitriding processing, is applied to machine parts, such as a gearing, shafts and a crankshaft, and a connecting rod, by the end of today. Conventionally, the rolling steel bar hot-rolled through the billet phase after the dissolution with the conventional method is used, and these machine parts get down from machine structural carbon steel or alloy steel, and are manufactured according to the hot-forging process -> normalizing down-stream-processing -> machining process -> nitriding treatment process -> bending correction (distortion picking) process -> finishing process. Generally, although it is known compared with carburization processing that the distortion yield after heat treatment is small, since it becomes easy to generate distortion in carrying out nitriding treatment of the long member, after nitriding treatment, bending correction is carried out and nitriding treatment is performing distortion removal.

[0003] While the normalizing processing carried out in the above-mentioned process makes detailed the organization which made it big and rough with hot forging in addition to the purpose which is made to soften the member hardened with hot forging, and makes a latter machining process easy, it aims at making the bending correction nature which improves a heterogeneous organization in a homogeneous ferrite pearlite organization, and is performed after nitriding nature or nitriding treatment improve.

[0004] Also in an organization, the difference in the hardness by the part turns into a heterogeneous organization large [ the components after hot forging ] after cool down ready, since the cooling rate after forging termination changes with the configurations. Here, when the normalizing processing after hot forging is omitted, the sharp fall of machinability occurs by making the rise of hardness, and the heterogeneity of an organization into the main factor. In addition, also in nitriding treatment, when it is easy to produce the variation in a degree of hardness and nitriding treatment is performed to a heterogeneous organization, in order to change the thickness of a nitrated case and to make the fatigue property of components fall sharply, the normalize-heat-treatment process is made indispensable.

Moreover, if the thickness of a nitrated case is changed, a bending property will fall remarkably, in the process of the bending correction after nitriding treatment, a crack will occur in the nitriding section, and components will be damaged. In addition, a diffusion layer is included with the nitrated case said here.

[0005] However, in recent years, even if abolition of normalizing processing is desired and it omits the normalizing processing after hot forging from viewpoints, such as reduction of a manufacturing cost,

and energy saving, it has the outstanding machinability and nitriding nature and development of the ingredient which combined the good fatigue property and the bending property after nitriding treatment is desired.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Here, it is the purpose of this invention to offer the steel materials which have the machinability which was excellent even if it omitted the normalizing processing after hot forging, and are excellent in the fatigue property and bending property after nitriding treatment.

[0007]

[Means for Solving the Problem] this invention persons make machinability improve by rationalizing C, Mn, and Cr content, carrying out the increment in the rate of ferrite area after hot-forging cooling, as a result of repeating examination variously that this problem should be solved, and reducing hardness. Moreover, it found out that a fatigue property and a bending property improved by obtaining a homogeneous nitrated case by making the rate of ferrite area increase, and making the ferrite section and the pearlite section detailed as much as possible.

[0008] The content of this invention of an alloy element is mass % here. C:0.15 - 0.40%, Si: $\leq$ 0.50%, Mn:0.20-1.50%, Cr:0.05-0.50%, It consists of the remainder Fe and an unescapable impurity, and the organization after hot working is a parenchyma top ferrite pearlite organization. It is characterized by for 30% or more and a ferrite grain size number being [ for the rates of ferrite area ] the grain size of more than No. 5, and the average dimension of a pearlite being 50 micrometers or less (claim 1). Furthermore, one sort (nickel: $\leq$ 0.50% and Mo: $\leq$ 0.50%) or two sorts can also be contained by mass % (claim 2). Furthermore, two of one sort or N:0.005 - 0.030%, V: $\leq$ 0.3%, Nb: $\leq$ 0.3%, Ti: $\leq$ 0.2%, Zr: $\leq$ 0.1%, and Ta: $\leq$ 0.2% of sorts or more can also be contained by mass % (claim 3). Furthermore, % can also be contained S:0.01 to 0.30% by mass % (claim 4). Furthermore, two of one sort or Pb: $\leq$ 0.3%, calcium: $\leq$ 0.05%, Bi: $\leq$ 0.2%, and Te: $\leq$ 0.05% of sorts or more can also be contained by mass % (claim 5).

[0009]

[Function] The reason which limited the steel presentation to below as mentioned above in this invention is explained. In addition, "%" is "mass %" as long as there is no notice in explaining in this specification.

[0010] It is the most fundamental element for C to obtain reinforcement required for a member C:0.15 to 0.40%, and in order to maintain the reinforcement after nitriding treatment, it is necessary to contain 0.15% or more. However, if 0.40% is exceeded and contained, in order the hardness after hot forging will increase, and will reduce machinability, and the rate of ferrite area will decrease, and a ferrite grain will be enlarged and to degrade the bending property and fatigue property after nitrated case nitriding treatment, the upper limit of C content was limited to 0.40%.

[0011] Si: Although used as a deoxidizer for Si to reduce the oxygen in steel  $\leq$ 0.50%, if added exceeding 0.50%, in order to generate the increment in hardness after hot forging and to cause the fall of machinability, the upper limit of Si content was limited to 0.50%.

[0012] Mn: It is the element which plays a role with important Mn in this invention 0.20 to 1.50%, and it is an indispensable element, in order in addition to securing the reinforcement of steel materials to adjust the rate of ferrite area, and a ferrite grain size so that it may mention later. The range of Mn content for obtaining a proper ferrite area and grain size is 0.20 - 1.50%. Since a ferrite grain would be enlarged and the bending property at the time of nitriding treatment would deteriorate sharply if it is difficult for a content to secure steel-materials reinforcement at less than 0.20% and it contains exceeding 1.50%, the upper limit of Mn content was limited to 1.50%.

[0013] Cr: 0.05-0.50%Cr generates a hard sludge at the time of nitriding treatment, and has the effectiveness of raising abrasion resistance and a fatigue property. In order to acquire this effectiveness, it is necessary to contain \*\* at least 0.05% or more. However, if Cr contains superfluously exceeding 0.50%, in order in addition to reducing a bending property to cause the increment in hardness after hot working and to reduce machinability, the upper limit of Cr content was limited to 0.50%.

[0014] The rate of ferrite area, a ferrite grain size, and a pearlite average dimension: The rate of ferrite area, the ferrite grain size, and the pearlite average dimension were very important configurations in this invention, and in order to improve the fatigue property and bending property after nitriding treatment, they limited the numeric value. Generally, in nitriding treatment, as for the ferrite section, it is known that nitrogen (N) will tend to advance compared with the pearlite section. For this reason, when a ferrite grain and a pearlite grain carry out nitriding treatment of the organization which made it big and rough, since a nitrated case is formed according to an organization condition, a big difference will be produced in the hardening depth. Although such the high fatigue limit that a nitrated case is deep and hard is acquired from a viewpoint of a fatigue property, when a difference arises in the nitrated case depth, it will be easy to produce the variation in strength, and a fall on the strength will be produced. Moreover, in the case of bending correction, stress concentrates to the deep part of a nitrated case, and since it will be easy to produce a crack and it will become, it is necessary to make both ferrite grain and pearlite grain detailed as much as possible, and to make the hardening depth after nitriding treatment into homogeneity.

[0015] As a result of this invention persons' inquiring in a detail, the bending property after nitriding treatment improved so that the ferrite section and the pearlite section were detailed, but in order not to produce a crack at the process of bending correction in a practical use process, it found out that it was required to make a ferrite grain size number into the grain size of more than No. 5 [ at least ]. Moreover, if the large-sized pearlite section exists even if it makes only a ferrite grain detailed, in order for a bending property to fall and to maintain a bending property, it was found out that it is required to specify a pearlite average dimension to 50 micrometers or less. Furthermore, since detailed-ization of a ferrite grain would become difficult if the rate of ferrite area is less than 30%, it was found out that it is required to rationalize C, Mn, and Cr content and for the rate of ferrite area to secure at least 30%.

[0016] nickel and Mo are elements which make the reinforcement and the toughness of steel materials improve, and in order to improve a fatigue property and an impact property further, they add one sort (nickel:  $\leq 0.50\%$  and Mo:  $\leq 0.50\%$ ) or two sorts, respectively. In addition, if contained superfluously, the hardness after hot forging will rise and machinability will be reduced.

[0017] Since they have the effectiveness which is made to promote a ferrite transformation and makes a ferrite grain detailed by generating a detailed sludge also in the cooling phase after hot forging, V, Nb, Ti, Zr, and Ta can be added in the regular range, while they have the effectiveness of depositing a nitride and improving abrasion resistance and a fatigue property at the time of nitriding. Moreover, since the above-mentioned effectiveness is further promoted by making N contain, it contains. However, if any element is superfluously contained across the range, the fall of a bending property will become remarkable.

[0018] S, Pb, calcium, Bi, and Te are added in order to improve the machinability of steel materials further. Moreover, since each element generates a sulfide, an oxide, etc., promotes a ferrite transformation and has effectiveness also in detailed-ization of a ferrite grain, it can be made to contain if needed. However, if added superfluously, hot-working nature will be reduced remarkably.

[0019]

[Example] A part for the chemical entity of the steel materials by this invention and comparison steel is shown in Table 1. All of these steel materials are the steel materials which were ingoted with the conventional method and hot-rolled by the round bar with a diameter of 50mm through the billet phase after that.

[0020] In order to evaluate the organization after hot forging, after cutting the rolling steel bar in die length of 300mm and carrying out heating maintenance at 1200 degrees C, cogging was carried out to the round bar with a diameter of 30mm. In the cross section of the center section of the longitudinal direction of this forging, an optical microscope and image-analysis equipment estimated the rate of ferrite area, ferrite grain size, and average pearlite dimension of the average from a front face to 1mm. Moreover, [0021] which measured the hardness of the surface section by the Brinell hardness tester The notched specimen of a fatigue notch factor 2.2 estimated evaluation of a fatigue property according to the fatigue limit using an Ono style rotation bending fatigue tester. The test piece produced the notched

specimen with a trial section diameter of 10mm by machining from the steel materials by which hot forging was carried out, and performed gas-soft-nitriding processing of maintenance at 575 degrees C for 3.5 hours.

[0022] The maximum serious grade until a crack occurs by the three-point bending test method estimated the bending property. The test piece performed gas-soft-nitriding processing of maintenance at 575 degrees C for 3.5 hours, after manufacturing the cylindrical test piece with a diameter [ of 10mm ], and a die length of 150mm by machining from the steel materials by which hot forging was carried out. moreover, max until a bending test is a three-point bending method, and it gives a load to a supporting-point center section, using between the supporting points as 100mm and a crack occurs -- a variation rate -- the amount was measured with the dial gage.

[0023] Nitriding nature uses the test piece for bend test with which the above-mentioned three-point bending test was presented, and is JIS. G The hardness measurement based on 0563 estimated. Here, the hardness distribution from a front face was measured about ten arbitration, and the stability of a nitrated case was evaluated by comparing the difference of the maximum of the hardening depth, and the minimum value. In addition, it was defined as the hardening depth said here as a distance from the front face where test piece core hardness +50HV is obtained.

[0024] The cutting trial was carried out to evaluation of machinability using the hot-forging material with a diameter of 30mm forged above, and tool life time amount was measured. cutting conditions -- a part for /, and cutting speed:200mm delivery: -- 0.2 mm/rpm, it cuts deeply and is :2mm. A tool life is a cutting time until the amount of groove wear is set to 0.2mm.

[0025]

[Table 1]

(質量%)

	No.	C	S i	M n	C r	その他			
発 明 鋼	1	0.18	0.26	1.45	0.40	---	---	---	---
	2	0.33	0.22	0.65	0.09	---	---	---	---
	3	0.35	0.23	0.49	0.11	---	---	---	---
	4	0.39	0.31	0.47	0.07	---	---	---	---
	5	0.25	0.04	1.28	0.44	Mo:0.11	Ni:0.17	---	---
	6	0.31	0.43	0.21	0.09	V:0.08	N:0.018	Pb:0.09	S:0.053
	7	0.32	0.25	0.33	0.11	Zr:0.02	N:0.014	Te:0.02	---
	8	0.29	0.25	0.51	0.10	Ti:0.01	Ta:0.03	---	---
	9	0.30	0.25	0.48	0.08	S:0.028	Pb:0.09	Ca:0.009	---
比 較 鋼	10	0.46	0.26	0.79	0.01	---	---	---	---
	11	0.55	0.29	0.51	0.13	---	---	---	---
	12	0.35	0.27	1.51	0.55	---	---	---	---
	13	0.35	0.27	0.75	1.12	---	---	---	---
	14	0.12	0.25	0.55	0.22	---	---	---	---
	15	0.31	0.25	0.51	0.21	V:0.40	Ti:0.04	---	---

[0026]

[Table 2]

	No.	硬 さ (HB)	フェライト 面積率 (%)	フェライト 粒度番号	パーライト 平均寸法 ( $\mu$ m)	硬化深さ の差 (mm)	疲れ限度 (MPa)	最大変位量 ( $\mu$ m)
発 明 鋼	1	169	48	7.4	23	0.02	345	598
	2	172	46	7.2	21	0.02	355	588
	3	179	38	6.4	27	0.04	358	456
	4	182	35	6.1	24	0.03	—	456
	5	183	44	7.2	19	0.01	403	577
	6	184	42	6.9	28	0.02	388	505
	7	179	41	6.6	29	0.03	366	498
	8	179	43	7.0	22	0.02	358	515
	9	177	41	7.1	38	0.04	355	533
比 較 鋼	10	189	22	4.2	78	0.11	288	203
	11	238	16	3.1	145	0.14	398	101
	12	194	24	4.2	77	0.08	369	188
	13	188	27	4.4	69	0.11	333	194
	14	167	69	5.5	66	0.09	188	335
	15	225	38	5.4	71	0.08	404	78

[0027]

[Table 3]

	No.	硬 さ (HB)	フェライト 面積率 (%)	フェライト 粒度番号	工具寿命 (分)
発 明 鋼	1	169	48	7.4	235
	2	172	46	7.2	210
	3	179	38	6.4	183
	4	182	35	6.1	155
	5	183	44	7.2	178
	6	184	42	6.9	282
	7	179	41	6.6	256
	8	179	43	7.0	241
	9	177	41	7.1	325
比 較 鋼	10	189	22	4.2	109
	11	238	16	3.1	78
	12	194	24	4.2	98
	13	188	27	4.4	136
	14	167	69	5.5	166
	15	225	38	5.4	76

[0028] The result of the fatigue limit after the hardness after hot forging, the rate of ferrite area, a ferrite grain size, an average pearlite dimension, nitriding nature, and carburization processing and a bending correction trial was shown in Table 2. Comparison steel No.10 are JIS. It is S45C. As shown in Table 1, it compares with S45C and, as for the hardness of invention steel, the gap also shows the low value. The ferrite grain size number of invention steel is the fine grain of more than No. 5, and it is checked that the pearlite dimension is also fine and the rate of ferrite area is also 30% or more. On the other hand, when the range of this invention is passed and C, Mn, and Cr content are made to contain, while the rate of ferrite area falls sharply like the comparison steel No, and 11, 12 and 13, it turns out that the ferrite grain size number became small and it has enlarged.

[0029] When nitriding nature was seen, fluctuation of the hardening depth of invention steel is 0.04mm at the maximum, and it was checked that the hardening layer obtained after nitriding treatment is stable. On the other hand, with comparison steel, by the steel type with a big pearlite dimension with a small ferrite grain size number, fluctuation is looked at by the thickness of the hardening depth and, as for the big and rough thing of a ferrite grain, the difference in the hardening depth is increasing to 0.14mm like comparison steel No.11. Thus, it is clear that the nitrated case stabilized by rationalizing the rate of

ferrite area, a ferrite grain size, and a pearlite dimension is obtained.

[0030] When the bending property after nitriding treatment is seen, a ferrite grain size number and a pearlite average dimension, and very good correlation are accepted, max bends, and, as for the amount of displacement, it turns out that the smaller thing of the thing which has a large ferrite grain size number and which has a detailed ferrite grain size, i.e., a thing, and a pearlite average dimension is improving.

[0031] Furthermore, also in the fatigue limit, it was checked that the high value is acquired compared with S45C, and an improvement of the fatigue property after nitriding treatment is possible for the fatigue limit of invention steel.

[0032] The evaluation result of machinability was shown in Table 3. Although any ingredient compares a tool life in the condition of a hot-forging as, invention steel has many rates of ferrite area, and since it has softened, good machinability is obtained. Moreover, it was checked that the machinability of the invention steel which added adaptation elements, such as Pb and calcium, is improving further.

[0033]

[Effect of the Invention] It was presupposed that it was possible to acquire the bending property which this invention has the machinability which was excellent, without performing normalizing processing after hot forging in a components production process, stabilized the nitrated case at the time of nitriding treatment by considering the organization after forging as a detailed ferrite pearlite organization, and was excellent, and a fatigue property according to the above example. The effectiveness on improvement in productivity, energy saving, and industry of the normalizing processing abbreviation at the time of the components manufacture by this invention, and the outstanding bending property and the outstanding fatigue property is very remarkable.

---

[Translation done.]